

Proposta metodológica para a elaboração do projeto em nível conceitual para a melhoria da qualidade: aplicação na infraestrutura do CETEC/UPF

Methodological proposal for design at the conceptual level for quality improvement: an application at the infrastructure of CETEC/UPF

Alcione Carvalho Becker
Adalberto Pandolfo
Luciana Brandli
Juliana Kurek
Roberto de Oliveira

Alcione Carvalho Becker
Faculdade de Engenharia e
Arquitetura
Universidade de Passo Fundo
Campus I
Km 171, Br 285
Bairro São José
Caixa Postal 611
Passo Fundo - RS - Brasil
CEP 99001-970
Tel.: (54) 3316-8661
E-mail: acbecker@upf.br

Adalberto Pandolfo
Programa de Pós-Graduação e
Engenharia
Universidade de Passo Fundo
E-mail: pandolfo@upf.br

Luciana Brandli
Programa de Pós-Graduação e
Engenharia
Universidade Passo Fundo
E-mail: brandli@upf.br

Juliana Kurek
Programa de Pós-Graduação e
Engenharia
Universidade Passo Fundo
Tel.: (54) 8124-9529
E-mail: acbecker@upf.br

Roberto de Oliveira
Programa de Pós Graduação em
Engenharia Civil
Universidade Federal de Santa
Catarina
Rua João Pio Duarte Silva,
Bairro Corrêgo Grande,
Caixa Postal 476
Florianópolis - SC - Brasil
CEP 88040-970
Tel.: (48) 3331-9726
E-mail: ecv1do@ecv.ufsc.br

Recebido em 11/04/06
Aceito em 21/08/06

Resumo

Com o objetivo de auxiliar no processo de elaboração de projetos de infraestrutura, mais especificamente em Engenharia Civil e Arquitetura, este artigo apresenta uma pesquisa nas áreas de Engenharia de Produção e Engenharia Mecânica para a obtenção de técnicas e metodologias de desenvolvimento de produtos industriais. Após a análise de ferramentas como Engenharia do Valor (EV) e Desdobramento da Função Qualidade (QFD), foi proposta uma metodologia para elaboração de projetos de infraestrutura em nível conceitual. É apresentada uma aplicação da metodologia desenvolvida ao projeto do Centro Tecnológico de Engenharia Civil, Ambiental e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo (CETEC-UPF). Os resultados mostram que a metodologia proposta auxilia no desenvolvimento do processo de projeto de infraestrutura, permitindo a elaboração de estratégias, e fornece elementos quantitativos para a adoção da concepção do produto indicada pelo público-alvo.

Palavras-chave: Qualidade de projetos; projeto de infraestrutura; metodologia; engenharia de valor

Abstract

With the objective of assisting in the process of designing Civil Engineering and Architecture infrastructure projects, this article presents a research that was carried out in the areas of Production and Mechanics Engineering in order to look for techniques and methodologies for the development of industrial products. Following the analysis of tools, such as Value Engineering (VE) and Quality Function Development (QFD), a methodology for the development of infrastructure conceptual product design has been proposed. The methodology was applied in the design of the Technological Center of Civil and Environmental Engineering and Architecture of University of Passo Fundo. The results have shown that the proposed methodology helps in the development of infrastructure design process, allowing the development of alternative strategies, and provide quantitative elements for the adoption of the product conception suggested by the target users.

Keywords: Design quality; infrastructure design; methodology; value engineering.

Introdução

Na fase de projeto de produtos industriais, os investimentos são muito baixos e têm alto reflexo sobre o custo final. Hartley (1998) afirma que grande parte do custo total do produto está comprometida já em nível de projeto conceitual e que é possível influir sobre este custo na fase de projeto, numa etapa denominada de “janela da oportunidade”. Assim, à medida que o tempo passa e as etapas evoluem da fase de projeto conceitual para as fases seguintes, como projeto detalhado, protótipo, validação e produção inicial, observa-se que as possibilidades de se influir no processo são cada vez menores e mais onerosas. Considerando isso, é unanimidade no meio técnico que as fases iniciais do projeto têm menor custo e maior comprometimento no desempenho do produto.

Segundo Huthwaite (1992), se o projeto não estiver bem elaborado, as etapas subseqüentes não serão acertadas, não importando o grau de automatização ou de tecnologia utilizados. Outro tópico a ser considerado na fase de projeto é o cuidado que se deve ter em traduzir os requisitos do consumidor (RCs) em requisitos do produto (PEREIRA; MANKE, 2001).

Conforme mostram Smith e Reinertsen (2001), os investimentos em projeto para o desenvolvimento de produtos industriais têm um peso de 5% do custo final do produto e uma influência sobre 70% dele. Os materiais têm um peso de 50% e um reflexo sobre 20%, a mão-de-obra tem um peso de 15% e uma possibilidade de influência em 5% no custo total, e as instalações têm um peso de 30% e um reflexo de apenas 5% sobre o custo final do produto.

Nesse contexto torna-se evidente a necessidade de se desenvolverem os projetos das mais diversas áreas, entre elas a de infra-estrutura, segundo uma ótica integrada de percepção das necessidades do cliente, otimização de recursos e técnicas empregados e possibilidade de uso da Engenharia Simultânea (ES) aliada aos conceitos de projeto conceitual de produtos. Assim como se observa em outros setores industriais, os projetistas necessitam de uma metodologia que, entre outros aspectos, auxilie no processo criativo e direcione os esforços empreendidos para a melhoria do produto final.

Este artigo tem por objetivo propor uma metodologia para a elaboração de projetos de infra-estrutura em nível conceitual, utilizando as técnicas de Engenharia do Valor (EV) e Desdobramento da Função Qualidade (QFD), já implantadas com sucesso em outras indústrias. Além disso, faz uma aplicação da metodologia proposta no projeto do CETEC-UPF, o qual busca

atender à demanda tecnológica da Universidade de Passo Fundo (UPF) nas áreas de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, e Engenharia Ambiental.

O artigo está estruturado como se segue. Inicialmente, abordam-se, de forma qualitativa, as técnicas de EV e QFD. Em seguida, são apresentadas as etapas do desenvolvimento da metodologia de projetos proposta e os resultados relativos à estruturação da metodologia em sua proposição geral. Na seqüência, faz-se a aplicação da metodologia ao projeto do CETEC-UPF com o objetivo de se utilizar o método desenvolvido e também de se levantarem as concepções do produto a ser detalhado. Finalmente, conclui-se o trabalho com a pontuação das concepções escolhidas e a determinação das características indicadas para o desenvolvimento das fases seguintes de projeto, que são projeto preliminar e projeto detalhado.

Abordagem geral das metodologias de projeto

Classificação das escolas de projeto

Yoshikawa (apud PEREZ, 2003), após estudo das filosofias de projeto, estabeleceu uma classificação das escolas de projeto em: Semântica; Sintática; Historicista; Psicológica; e Filosófica.

Tomando como base referido autor, as filosofias de projeto, dentro da metodologia de projetos de produtos, têm nas escolas Semântica e Sintática a sua principal representação.

A escola Semântica baseia-se no princípio de que qualquer máquina ou sistema técnico é um sistema que transforma grandezas de entradas em grandezas de saída do tipo informação, material e energia. De acordo com Perez (2003), as diferenças entre entrada e saída são chamadas de “funcionalidades” do produto e definem a solução inicial para o caminho do problema. A solução do projeto começa com o estabelecimento da estrutura funcional do produto, que é resolvida pela associação de um ou mais princípios físicos a cada função, ou subfunção da estrutura funcional. Segundo o mesmo autor, pesquisadores como Pahl e Beitz, Rodenacker e Roth, pertencentes à escola alemã, podem ser enumerados como representantes dessa filosofia.

A escola Sintática trata dos aspectos morfológicos do processo de projeto, ou seja, de modelos para o processo de projeto. Ainda de acordo com Perez (2003), esta filosofia encontra-se estabelecida em três princípios básicos: um conjunto de princípios gerais; uma sistemática de projeto; e um instrumento de crítica.

A seqüência lógica de projeto, na escola Sintática, inicia-se pelo conhecimento empírico do projetista em conjunto com os dados do projeto em questão. As informações obtidas são tratadas de acordo com o processo estabelecido para o projeto a ser desenvolvido. Ao final de cada fase do processo de projeto é incluído um instrumento de crítica que tem como objetivo estabelecer a continuidade, cancelamento do projeto ou realimentação de informações para a continuação. Essa avaliação fica restrita ao produto e à sua concepção, não levando em conta aspectos do processo de projeto.

Para Ogliari (1999), as duas filosofias são complementares: a escola Semântica obedece a considerações referentes ao objeto de projeto; já a escola Sintática considera a sistematização do processo de projeto. Com a aplicação conjunta das duas filosofias há uma abordagem dos aspectos lógicos do processo de projeto somados aos aspectos da funcionalidade do produto. Nesse contexto, Pahl e Beitz têm sido representantes dessa complementaridade.

Através do trabalho de Pahl e Beitz (1996) desenvolvido na área de metodologia de projeto pode-se observar que o ciclo de desenvolvimento de produtos segue a sistemática de planejamento e esclarecimento da tarefa, desenvolvimento do princípio de solução, desenvolvimento da estrutura de construção, definição da estrutura de construção e preparação dos documentos de produção e operação. A sistematização dos quatro ciclos de desenvolvimento de produtos – planejamento e esclarecimento da tarefa, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado – é uma etapa da estrutura do método.

Segundo Perez (2003), Ogliari (1999) propôs um modelo de consenso por meio de uma comparação entre as propostas de Back (1983), Pahl e Beitz (1996), Hubka e Eder (1988) e Ullman (1992). A Figura 1 mostra a estrutura seqüencial do modelo de desenvolvimento de projetos proposta por Ogliari (1999).

O projeto, na fase informacional, tem o seu início com a coleta das informações de mercado, que incluem os interesses ou manifestações dos clientes de projeto, ou seja, as pessoas envolvidas direta ou indiretamente com o projeto ou produto em questão. Segundo Fonseca (2000), é nessa fase que ocorre a transformação das informações genéricas e qualitativas em especificações de projeto, isto é, em requisitos quantitativos que estabelecem os principais problemas técnicos a serem resolvidos e as restrições de solução.

Na fase de projeto conceitual do produto – estabelecimento da concepção que melhor satisfaz

as especificações de projeto –, essa concepção qualitativa representa o produto em suas principais funcionalidades e princípios de solução, tendo como elementos representativos esquemas ou esboços da solução desenvolvida.

O projeto preliminar do produto trabalha, de maneira quantitativa, sobre a melhor concepção desenvolvida, com o objetivo de configurar os itens que caracterizam o produto em sua geometria e formas.

Na fase final, ou seja, na fase de detalhamento do projeto do produto, são desenvolvidos trabalhos no sentido de documentar as soluções escolhidas e de viabilizar o detalhamento do projeto, preparando-o para a execução. Basicamente nessa fase chega-se ao esboço de produção. As decisões finais sobre os materiais, arranjos, formas dos componentes são tomadas nessa fase.

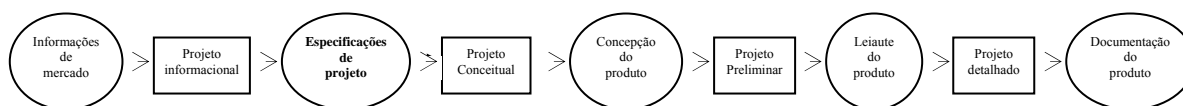
Ferramentas e recursos para o processo de projeto

Técnicas de EV para o processo de projeto

Engenharia do valor pode ser definida como “um esforço organizado, dirigido para analisar as funções de bens e serviços para atingir aquelas funções necessárias e características essenciais da maneira mais rentável” (CSILLAG, 1995, p. 58). De acordo com Basso (1999), a diferença entre EV e Análise do Valor (AV) está na fase de aplicação das técnicas de análise funcional. Na EV as técnicas de análise funcional são aplicadas durante a fase de concepção do produto, ou seja, a fase de projeto, ao passo que na AV essa técnica é utilizada durante a fase de produção do produto.

Csillag (1995) classifica as técnicas de EV em dois grupos: a) técnicas de suporte; e b) técnicas específicas. As técnicas de suporte são regras heurísticas, ou seja, regras de bom senso, políticas ou guias que aumentam a possibilidade de sucesso, mas não garantem a solução, assim devem ser utilizadas como respostas criativas específicas. As técnicas específicas podem ser vistas, de maneira resumida, no Quadro 1.

As técnicas de análise global têm a finalidade de abordar situações como um todo, hierarquizando os problemas e decidindo por qual começar. Já as técnicas reestruturantes não resolvem um problema completamente, mas representam-no de uma maneira que facilita obter a solução, mostrando novas perspectivas do problema. Cabe salientar que pesquisadores como Valdiero (1994) mencionam a técnica de Análise Funcional de Sistemas (FAST) como ferramenta importante para elaboração de projetos industriais.



Fonte: Ogliari apud Perez (2003)

Figura 1 - Modelo de consenso para o projeto de produtos proposto por Ogliari (1999)

Técnicas específicas				
Análise global	Reestruturantes	Geração de idéias	Seleção e avaliação de idéias	Implementação
Problema nebuloso	Técnica das analogias	Associação forçada (individual)	Refinar e combinar idéias	<i>Brainstorming</i> invertido
Kepner e Tregoe	Exame dos limites	Associação forçada (grupo)	Vantagem/desvantagem	Venda da idéia
Generalização da Lei de Pareto	Orientação para o objetivo	Associação livre (individual)	Custear todas as idéias	Análise de problema potencial
Índice de potencial redução de custos	Técnica da função	Procedimentos de associação livre (grupo): <i>brainstorming</i>	Votação de Pareto	Planejamento: PERT
Dificuldade, Lucratividade, Impedimento	Condição do máximo do material	Procedimento complexo individual: análise morfológica	Estimativa direta da magnitude	-
Indicadores específicos	Situação hipotética	Procedimento complexo grupal: sinética	<i>Fire</i>	-
Critérios predeterminados	Racionalização do desejo	-	Ponderacional	-
-	Reversões	-	Árvore de decisão	-
-	Análise de custos	-	Técnica Delphi	-
-	Técnicas de análise funcional (FAST)	-	Otimização	-
-	Fluxograma e fluxolocalgrama	-	Análise custo/benefício no ciclo de vida	-

Fonte: adaptado de Csillag (1995)

Quadro 1 - Resumo das técnicas específicas

Baxter (2003) afirma que a criatividade é o coração do *design* em todos os estágios do projeto, que muitos livros têm sido escritos nos últimos anos sobre criatividade e geração de idéias e que hoje se pode contar com mais de uma centena de técnicas para se trabalhar a geração de idéias no campo de projeto. Têm-se como ferramentas importantes na geração de idéias: *brainstorming*, análise morfológica e as técnicas sinéticas.

Igualmente as técnicas de seleção e de avaliação de idéias são numerosas; algumas, como FIRE e técnica Delphi, têm sido criadas em situações específicas, ou seja, para a solução de um determinado problema. Também deve-se ressaltar que outros autores como Pandolfo (2001) e Oliveira (1994) têm utilizado essas técnicas e desenvolvido metodologias de avaliação de

projetos para a implementação em áreas específicas como, por exemplo, a habitacional.

Cabe salientar que as técnicas de implementação são utilizadas após a seleção e a avaliação de idéias. Na medida em que uma idéia ou projeto tem início, há resistência por parte das pessoas que temem a mudança. Essa resistência parte especialmente do projetista, que se vê como perdendo poder em detrimento às demandas do usuário. Isso pode creditar também a visão de que o projetista tem de si: somente sua função teria o poder de conhecer a qualidade.

Desdobramento da função qualidade – QFD

O QFD foi utilizado como ferramenta para o desenvolvimento da metodologia de projetos aplicada ao CETEC-UPF. De uma maneira breve, é bom recordar o que pesquisadores têm afirmado sobre o uso do QFD nas mais diversas áreas, tanto as de desenvolvimento de produtos industriais como as áreas de prestação de serviços em geral. A seguir, são apresentados alguns pareceres de autores sobre o assunto.

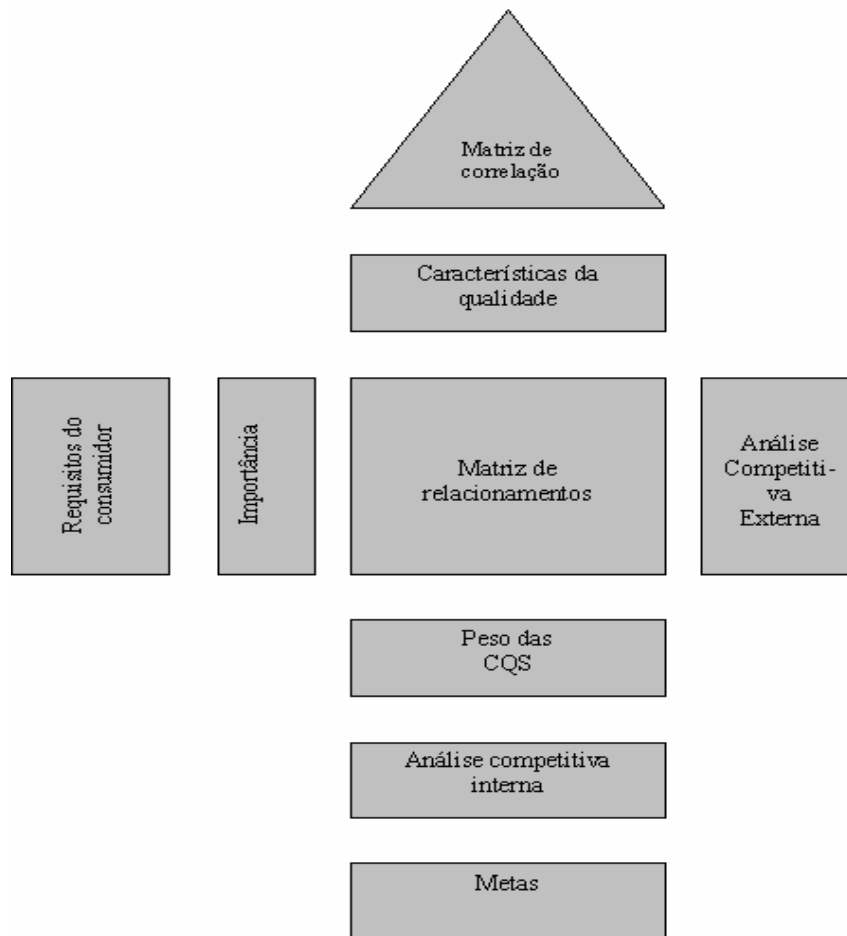
Carvalho (1997) salienta que, a partir da década de 60, as empresas japonesas passaram a dar maior ênfase às ferramentas de controle da qualidade *off-line* utilizadas no desenvolvimento de novos produtos. Segundo o que citam Akao e Kogure (1983), as empresas perceberam que o método de controle da qualidade *on-line* é eficiente para eliminar não-conformidades, pois prioriza a prevenção de problemas através do monitoramento do processo, da análise das causas de não-conformidades e de ações preventivas para evitar novas ocorrências. Tudo isso contribuía para a melhoria da qualidade, mas não garantia a satisfação do consumidor. Dessa forma, surgiu a necessidade de que, já na etapa de desenvolvimento de novos produtos, o foco estivesse nas demandas do consumidor. Tais demandas deveriam ser incorporadas desde a fase de concepção até a fase de manufatura. Todos os elementos responsáveis pelo sucesso do produto deveriam ser integrados com um conjunto de atividades e objetivos desde o início.

Esse processo integrado, denominado de Engenharia Concorrente ou Engenharia Simultânea, tem, segundo Clausing (apud CARVALHO, 1997), duas características essenciais: a) é um processo concorrente; e b) é conduzido por um time multifuncional de desenvolvimento. Assim, de acordo com o autor, o QFD está associado ao conceito de Engenharia Simultânea e permite estruturar e sistematizar o trabalho dos times de projeto com o objetivo de integrar diversas fases do planejamento do produto.

Segundo Ohfuji, Ono e Akao (1997), o QFD é uma série de atividades que engloba desde a identificação das exigências do cliente até a completa introdução e formação dessas exigências no produto.

Para os autores, as exigências dos clientes são expressas em palavras, o que é insuficiente para criar projetos, pois há a necessidade de se converterem essas necessidades em dados técnicos. Cabe ao setor comercial tomar a frente para investigar essas necessidades e fornecer tais dados para a equipe de projeto. Desse modo, a equipe de projeto deverá coordenar a conversão da qualidade planejada pela equipe comercial em qualidade projetada. Por sua vez, a conversão da qualidade projetada em requisitos técnicos é feita pela equipe de produção. Segundo os autores, no momento da introdução do QFD, é mais eficaz que se atue formando uma equipe de projetos.

Segundo Carvalho (1997), a casa da qualidade é também conhecida como matriz de planejamento do produto. O objetivo da casa da qualidade é elencar os requisitos do consumidor e relacionar tais requisitos às características da qualidade do produto. É na casa da qualidade que são estabelecidas as metas para as características da qualidade do produto e as estratégias de desdobramento para as demais etapas do método. A Figura 2 permite uma breve visualização da estrutura do QFD em suas partes principais: matriz de relacionamentos, matriz de correlação triangular, análise competitiva interna, peso das características da qualidade do produto e metas quantitativas.



Fonte: Carvalho (1997)

Figura 2 - Matriz de planejamento do produto - Casa da Qualidade

Outros pesquisadores como Clausing (apud CARVALHO, 1997) conceituam o QFD como um processo visual e conectivo que ajuda os times de projeto a se localizarem nas necessidades do consumidor. É um processo sistemático que ajuda a identificar os desejos do consumidor e a desdobrá-los por todas as funções e atividades da corporação.

Segundo Carvalho (1997), o QFD trouxe uma inversão no desenvolvimento de novos produtos, pois era a engenharia que empurrava as atividades de desenvolvimento de produtos. Com o uso do QFD, o processo passou a ser desencadeado pelas necessidades do consumidor. Assim, o objetivo primordial do método é aproximar o produtor do consumidor.

Desenvolvimento da metodologia de projetos proposta

Delineamento da pesquisa

De uma forma genérica, o desenvolvimento da metodologia proposta pode ser mostrado conforme as etapas do fluxograma da Figura 3, iniciando-se com uma revisão bibliográfica, que levou à estruturação da metodologia, seguida da sua aplicação a um empreendimento e, posteriormente, de uma avaliação dos resultados.

Dessa maneira, o presente estudo deve ser entendido como uma dimensão teórico-metodológica que busca facilitar, em nível de planejamento e gerenciamento, a elaboração de projetos de infra-estrutura, melhorando assim a qualidade de projeto.

Etapas do delineamento da pesquisa

Etapa I: estruturação

A fundamentação teórica aborda principalmente as técnicas de EV e QFD utilizadas para o desenvolvimento de projeto de produtos industriais. Essa revisão, que teve início na primeira etapa, estendeu-se ao longo de toda a pesquisa, fornecendo subsídios para as diversas fases do seu desenvolvimento.

O trabalho foi estruturado partindo-se da identificação dos requisitos do cliente com o uso de pesquisa por enquête. Para a realização da identificação e desmembramento de funções do produto foi utilizada a técnica FAST, partindo-se da função de mais alto nível até se chegar às funções de nível mais baixo, as quais foram definidas por duas palavras: um verbo e um substantivo. Para a determinação de soluções na estruturação da metodologia, foi pesquisada e proposta a aplicação do método morfológico. Na escolha da melhor solução, optou-se pela maior pontuação, entre os atributos do consumidor indicados pela aplicação do método.

A última etapa da estruturação, o resultado final, tem como elemento de saída um relatório final com os requisitos do consumidor a serem fornecidos para as fases posteriores, que abrangem a fase de projeto preliminar e o detalhamento do projeto.

Etapa II: consolidação

Foi selecionado o projeto do CETEC-UPF para se ter como referencial um objeto com características funcionais variadas e de fácil acompanhamento, por parte do grupo de pesquisa, durante sua execução.

Outro ponto a ser considerado é o fato de que um prédio do projeto do CETEC-UPF já estava em implantação na data de início desta fase da pesquisa. Tal situação permite que se possa comparar o que estava sendo feito com os

requisitos que foram solicitados pelos usuários e, com base nos dados levantados, propor alterações para a configuração das novas fases do projeto em estudo.

Etapa III: resultados

Após o levantamento dos requisitos do consumidor, desmembramento de funções, determinação das concepções e escolha da solução para o empreendimento, foi estruturado o relatório final.

A terceira etapa da pesquisa teve como escopo:

- (a) a tabulação dos requisitos do consumidor obtidos após a aplicação da metodologia pesquisada ao estudo de caso do CETEC-UPF; e
- (b) a compilação dos resultados obtidos para a solução escolhida num relatório final com o objetivo de determinar as principais características para o produto.

Resultados relativos à estruturação da metodologia - proposição geral

Para um melhor entendimento do método proposto para o desenvolvimento de projetos, optou-se por dividi-lo em cinco fases. A Figura 4 apresenta a estrutura da metodologia proposta. As fases com as respectivas ações sobre o empreendimento são as seguintes:

- (a) Fase I: caracterização do empreendimento e determinação da missão, objetivos e metas do empreendimento;
- (b) Fase II: determinação das funções do empreendimento e desmembramento das funções identificadas;
- (c) Fase III: determinação das soluções;
- (d) Fase IV: seleção da solução e
- (e) Fase V: resultado final.

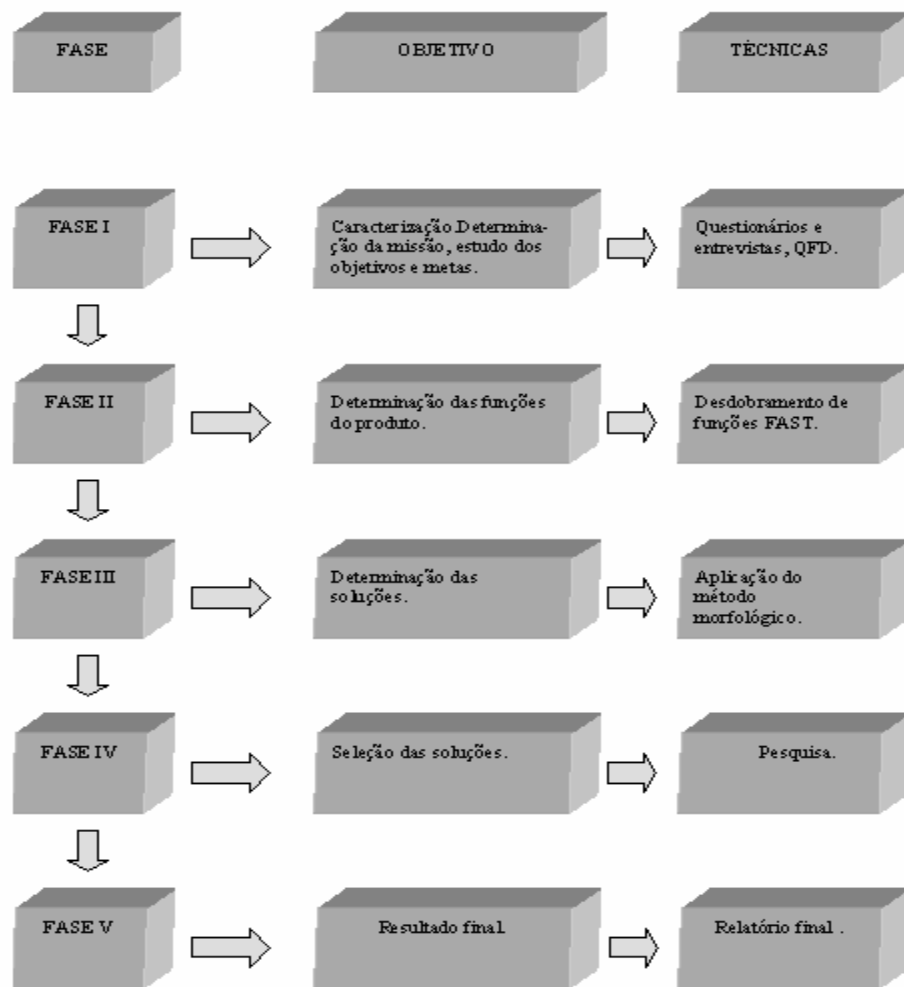


Figura 4 - Fases da metodologia proposta

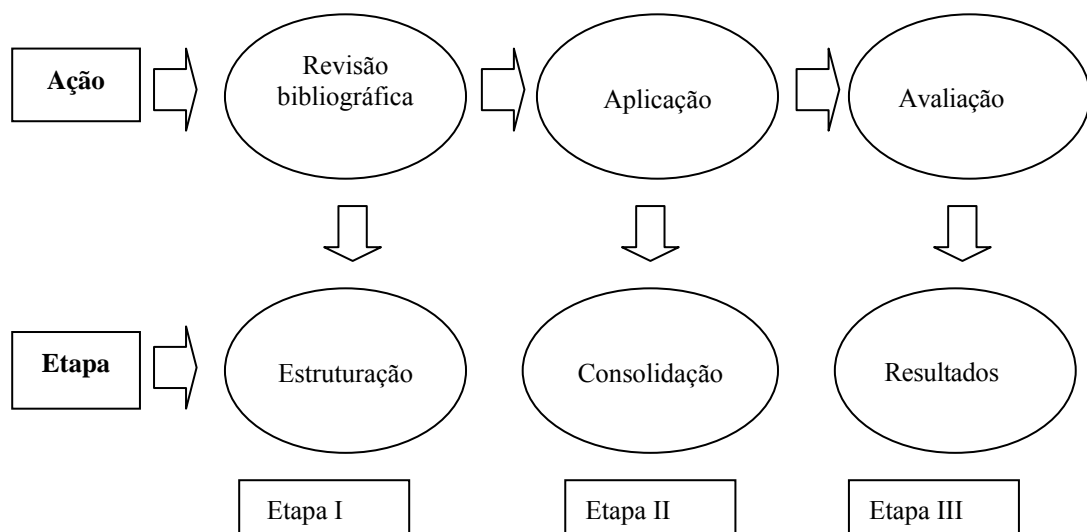


Figura 3 - Fluxograma genérico descrevendo as etapas de pesquisa

Fase I - Caracterização do empreendimento e determinação da missão, objetivos e metas

Nesta etapa, procede-se ao levantamento do histórico do empreendimento através de entrevistas e questionários aplicados às partes que constituem parcela representativa dos usuários.

O objetivo primordial dessa fase é contribuir para que a identificação das necessidades do usuário seja conhecida pela equipe técnica de projeto. Para este trabalho o modelo de questionário – pesquisa tipo enquête – serve para determinar os fatores que podem ser considerados, em nível inicial, no processo de criação, planejamento e execução do projeto.

Assim, o questionário ou pesquisa inicial tem como meta abordar basicamente: a) aspectos da necessidade do usuário – identificado pela empresa ou órgão responsável pela gestão do projeto; b) aspectos da percepção das necessidades de outras áreas que não a do usuário e que envolvam o mesmo projeto; c) necessidades relativas ao meio ambiente; e d) percepção das fontes de recurso para a implantação do referido empreendimento.

Ferramentas de desenvolvimento de produtos como o QFD podem ser utilizadas como elementos de apoio no levantamento e na quantificação das necessidades do usuário.

A seqüência básica do trabalho nesta fase obedeceu ao seguinte roteiro:

- (a) caracterização do proprietário do empreendimento;
- (b) caracterização da região de inserção do empreendimento; e
- (c) definição dos requisitos de projeto, levantamento e análise das necessidades, identificação do problema e determinação da missão do empreendimento.

A determinação da missão do empreendimento é de grande importância, pois é através dela que se pode direcionar o processo de produção e planejamento para contemplar perspectivas básicas para as áreas: financeira, de processos internos, da visão do cliente e do ponto de vista do aprendiz.

Com o estudo da missão, objetivos e metas do empreendimento, através do levantamento entre as partes pesquisadas e a determinação pela equipe técnica de projeto, podem surgir novas alternativas para a elaboração do projeto, melhorando a

eficiência e a satisfação do usuário quanto às funções do produto final.

O Quadro 2 apresenta um resumo das etapas e dos procedimentos adotados para o trabalho na Fase I.

A seguir são caracterizados alguns procedimentos utilizados na metodologia estudada:

(a) Coleta interna de dados: pesquisa feita dentro da empresa ou instituição com o objetivo de levantar dados econômicos, financeiros e técnicos relacionados ao empreendimento. Também nesse procedimento pode-se apurar se há outros itens que desempenham funções que se relacionam com o projeto do produto a ser desenvolvido;

(b) Coleta externa de dados: pesquisa realizada fora da empresa ou instituição com o objetivo de levantar dados referentes ao empreendimento. Podem-se verificar empreendimentos similares que estejam em operação, através de viagem de estudos;

(c) Pesquisa dos atributos dos requisitos dos consumidores: feita com o objetivo de levantar dados referentes a requisitos dos consumidores (RCs) ou elementos referentes à qualidade exigida. Numa primeira etapa faz-se o levantamento qualitativo da pesquisa. O Quadro 3 apresenta o modelo para o levantamento qualitativo de dados. Na segunda etapa procede-se ao levantamento quantitativo dos RCs no QFD. O questionário apresenta tabela com graduação de 1 a 5, conforme pode ser observado no Quadro 4; e

(d) Montagem do quadro do problema: o Quadro 5 mostra a identificação do problema observado a partir das necessidades estudadas. Esse quadro apresenta a análise do ciclo de vida do produto e ajuda o projetista na visualização do ambiente e dos pontos que devem ser trabalhados ao se buscar uma solução. A identificação do problema apresenta três fases: produção; uso e operação; e descarte do produto.

Na fase de produção são consideradas as entradas e as saídas. Nos elementos de entrada consideram-se as entradas desejadas como materiais a serem empregados, ferramentas de projeto e princípios de construção. Para as saídas desejadas, enumeram-se as características pretendidas para o produto.

Na fase de uso e operação, busca-se identificar as entradas desejadas na utilização do produto, o meio ambiente, as saídas desejadas com os requisitos desejados e também as saídas indesejadas no uso e operação do produto.

Na fase de descarte consideram-se os elementos básicos de entrada e saída na conclusão do ciclo de vida do produto.

Etapas	Procedimentos
Caracterização do proprietário	Levantamento de dados
Caracterização da região do empreendimento	Levantamento de dados
Definição dos requisitos de projeto	Levantamento: coleta externa de dados
	Levantamento: coleta interna de dados
	Estado da arte do empreendimento
Levantamento, análise das necessidades	Pesquisa junto aos usuários
Identificação do problema	Montagem do quadro do problema
Determinação da missão	Pesquisa junto aos usuários

Quadro 2 - Etapas e procedimentos para o trabalho de implantação da Fase I

<p align="center">Questionário: Durante a utilização do (empreendimento), considere a situação de usuário.</p>		<p>Sexo:</p>
		<p>Idade:</p>
Nº	Enumere no lado direito os elementos que considera importantes para o bom desempenho do empreendimento. (O que gostaria de ter?)	
1		
2		
3		
...		
N		

Fonte: Ohfujii, Akao e Ono (1997, p. 242).

Quadro 3 - Modelo de formulário para levantamento qualitativo dos RCs

<p align="center">Questionário: No lado esquerdo estão relacionados alguns atributos considerados básicos para a elaboração do projeto. Marque com um “x” a coluna de resposta indicando a importância do atributo para a elaboração do projeto. Escala de importância: A = alta; M = média; B = baixa</p>						<p>Sexo:</p>
						<p>Idade:</p>
Nº	Atributo	A	M		B	
		5	4	3	2	1
1						
2						
3						
...						
N						

Fonte: Ohfujii, Akao e Ono (1997, p. 242).

Quadro 4 - Modelo de formulário para levantamento qualitativo dos RCs

Identificação do problema				
Entradas			Saídas	
	Desejada	Meio Ambiente	Desejada	Indesejada
Produção	<ul style="list-style-type: none"> - materiais - modulação - uso de CAD e programas de computação - uso de PCP - construção enxuta 	<ul style="list-style-type: none"> - canteiro de obras; - uso NR-5 - mão-de-obra com treinamentos do PBQP-H 	<ul style="list-style-type: none"> - construção de fácil execução - baixo custo 	<ul style="list-style-type: none"> - construção complexa - baixa modulação - fluxo difícil - custo elevado
Uso e Operação	<ul style="list-style-type: none"> - atividades de uso 	<ul style="list-style-type: none"> - principais componentes do produto projetado 	<ul style="list-style-type: none"> - manutenção - custo - aparência - funcionamento 	<ul style="list-style-type: none"> - geração de poluentes - consumo de água e energia
Descarte	<ul style="list-style-type: none"> - possibilidade de reutilização 	<ul style="list-style-type: none"> - descarte quando ocorrer obsolescência - reforma 	<ul style="list-style-type: none"> - reciclável; - fácil desmontagem 	<ul style="list-style-type: none"> - materiais - poluentes

Quadro 5 - Quadro de identificação do problema pesquisado

Fase II - Determinação das funções do empreendimento com desmembramento das funções identificadas

Na seqüência, após a determinação da missão, objetivos e metas do empreendimento, utiliza-se a técnica FAST para desmembramento das funções identificadas.

Ressalta-se a importância de se caracterizar a função global do produto – a função que irá definir qual será a ação do empreendimento, ou seja, a função total do sistema. Após a identificação e o desmembramento de funções, a determinação do valor relativo entre elas pode ser feita pela técnica de Mudge, o que possibilita ter uma idéia quantitativa do valor de cada função comparada.

Fase III - Determinação das soluções

Após o desdobramento de funções do produto, pode-se trabalhar com princípios de solução variados. A Tabela 1 referente aos critérios de avaliação relaciona as características de engenharia advindas da aplicação do QFD aos módulos ou partes do empreendimento a ser projetado. Para a obtenção dos pesos relativos dos módulos, a pontuação do QFD é repetida naqueles em que a característica de engenharia ocorre. Assim, se para um determinado módulo -A- houver participação da característica -c-, atribui-se a ele a pontuação alcançada no QFD. Procede-se da mesma maneira para os módulos em que a característica -c- vier a ocorrer. Assim, o módulo que alcançar maior

somatório de pesos de características de engenharia apresentará maior peso relativo. Dessa forma, fica definida a participação relativa do módulo no empreendimento.

Para a determinação da pontuação das funções listadas na matriz morfológica foram utilizados os seguintes elementos:

- a pontuação dos módulos feita com o uso do QFD;
- o peso relativo das funções obtidas pela aplicação da técnica de Mudge; e
- a avaliação da equipe técnica de projeto.

A Tabela 2 indica a maneira como as soluções são pontuadas dentro de cada módulo.

Tomando como exemplo a solução nº 02 dentro do módulo -A- após a atribuição das notas pela equipe técnica de projeto para cada função, a distribuição do peso relativo do módulo pelo uso do QFD e a distribuição do peso relativo das funções pela técnica de Mudge, calcula-se a nota final para a solução dentro do módulo. Dessa maneira, a solução que apresentar maior pontuação será a solução indicada.

Fase IV - Seleção da solução

Para a determinação da pontuação final das soluções, enumera-se a nota final dos módulos e determina-se a soma geral deles, de tal forma que a solução com maior nota final será a mais indicada.

A Tabela 3 indica o procedimento para a obtenção do total da pontuação final para cada solução estudada para o empreendimento. O total dos módulos de cada solução é transposto para as respectivas colunas. A seguir é feita a soma nas colunas.

Fase V - Resultado final

O resultado final é apresentado no Quadro 6, que contém a síntese da descrição dos principais elementos componentes do projeto.

Aplicação da pontuação do QFD às características de engenharia							
Características de engenharia	Importância Do requisito Pi (QFD)	Peso %	Pontuação atribuída aos módulos pelo QFD				
			A	B	C	D	E
a							
b							
c							
d							
e							
f							
g							
h							
i							
...							
n							
Total	$\Sigma p_i(QFD)$	-					
Total dos módulos			$\Sigma A_{i,n}$	$\Sigma B_{i,n}$	$\Sigma C_{i,n}$	$\Sigma D_{i,n}$	$\Sigma E_{i,n}$
Total geral dos módulos	$\Sigma A_{i,n} \dots \Sigma E_{i,n}$						
Pesos relativos			$\frac{\Sigma A_{i,n}}{\Sigma A_{i,n} \dots \Sigma E_{i,n}}$	$\frac{\Sigma B_{i,n}}{\Sigma A_{i,n} \dots \Sigma E_{i,n}}$	$\frac{\Sigma C_{i,n}}{\Sigma A_{i,n} \dots \Sigma E_{i,n}}$	$\frac{\Sigma D_{i,n}}{\Sigma A_{i,n} \dots \Sigma E_{i,n}}$	$\frac{\Sigma E_{i,n}}{\Sigma A_{i,n} \dots \Sigma E_{i,n}}$
Soma dos pesos relativos	1,00						

Tabela 1 - Tabela de pontuação dos módulos com uso do QFD

Módulo: a função elementar	Peso relativo do módulo (QFD)	Peso relativo mudge	Solução S1		Solução S2		Solução S3	
			Nota atribuída	Nota final	Nota atribuída	Nota final	Nota atribuída	Nota final
Matriz morfológica								
1	P1	M1	A1	P1XM1X A1	B1	P1XM1 XB1	C1	P1XM1 XC1
2	P1	M2	A2	P1XM2X A2	B2	P1XM2 XB2	C2	P1XM2 XC2
3	P1	M3	A3	P1XM3X A3	B3	P1XM3 XB3	C3	P1XM3 XC3
4	P1	M4	A4	P1XM4X A4	B4	P1XM4 XB4	C4	P1XM4 XC4
5	P1	M5	A5	P1XM5X A5	B5	P1XM5 XB5	C5	P1XM5 XC5
6	P1	M6	A6	P1XM6X A6	B6	P1XM6 XB6	C6	P1XM6 XC6
...
n	P1	Mn	An	P1XMnx An	Bn	P1XMn xBn	Cn	P1XMn xCn
Total		1,00						
Total do módulo				$\Sigma n.$ finais		$\Sigma n.$ finais		$\Sigma n.$ finais

Tabela 2 - Tabela de pontuação das soluções

Total dos módulos	Solução S1 nota final	Solução S2 nota final	Solução S3 nota final
A	A1	A2	A3
B	B1	B2	B3
C	C1	C2	C3
D	D1	D2	D3
E	E1	E2	E3
Pontuação final	$\sum A1...E1$	$\sum A2...E2$	$\sum A3...E3$

Tabela 3 – Tabela de pontuação dos módulos x soluções

RELATÓRIO FINAL
<p>1.0 Dados gerais do empreendimento</p> <p>1.1 Proprietário</p> <p>1.2 Região de inserção</p> <p>2.0 Dados coletados</p> <p>2.1 Dados externos</p> <p>2.2 Dados internos</p> <p>2.3 Histórico e estado da arte do empreendimento</p> <p>2.4 Levantamento e análise das necessidades</p> <p>2.5 Identificação do problema (quadro de identificação do problema)</p> <p>3.0 Descrição da missão do empreendimento</p> <p>4.0 Descrição da solução proposta</p> <p>4.1 Principais módulos ou sistemas</p> <p>4.2 Funções dos módulos</p> <p>4.3 Requisitos do consumidor apontados pelo QFD</p>

Quadro 6 – Estrutura do relatório final

Resultados - aplicação ao CETEC-UPF

A aplicação da metodologia de elaboração de projetos ao CETEC-UPF levou à caracterização do empreendimento e à pontuação das soluções apresentadas a seguir. O Quadro 7 apresenta os dados gerais do empreendimento.

Levantamento e análise das necessidades

A pesquisa junto aos usuários aponta as seguintes características para o empreendimento:

- (a) ser apropriado às atividades de ensino, pesquisa e extensão utilizando laboratórios;
- (b) ser apropriado às atividades de ensino em sala de aula;
- (c) ser capaz de atender às aulas de prática de campo;
- (d) ter condições para desenvolvimento e teste de novas técnicas e sistemas construtivos em nível de pesquisa e extensão;
- (e) ter condições para se ministrarem cursos em nível de ensino, pesquisa e extensão;
- (f) ter modularidade para ser construído em etapas;

- (g) ter acessos adequados para pessoal e suprimento logístico;
- (h) contribuir para a ação da UPF, em nível de marketing, na sua região de inserção e atuação;
- (i) contribuir para o desenvolvimento científico e tecnológico da FEAR e da região de atuação da UPF;
- (j) ter uma política de ação ambiental que seja satisfatória à preservação do meio ambiente; e
- (k) ter capacidade de geração de receitas.

As necessidades para estrutura física apontada pelos usuários são as seguintes:

- (a) laboratórios internos;
 - (b) salas de apoio; e
 - (c) campo experimental para ensaios externos.
- Os núcleos componentes da estrutura do empreendimento do CETEC-UPF são:
- (a) Geotecnia;
 - (b) Infra-estrutura de Transportes;
 - (c) Hidráulica e Sistemas Hidráulicos Prediais;
 - (d) Saneamento;

- | | |
|--|--|
| (e) Estruturas; | (k) Processamento e Reciclagem de Resíduos do CETEC-UPF; |
| (f) Eletrotécnica e Sistemas Elétricos Prediais; | (l) Topografia e Geodésia; |
| (g) Construção Civil; | (m) Pós-Graduação em Engenharia; |
| (h) Materiais de Construção; | (n) Maquetaria; e |
| (i) Gerenciamento; | (o) Museu de Materiais e Técnicas Construtivas. |
| (j) Conforto Ambiental; | |

Proprietário	Universidade de Passo Fundo
Usuários do CETEC-UPF	Faculdade de Engenharia e Arquitetura através dos seguintes cursos: - Arquitetura e Urbanismo; - Engenharia Ambiental; - Engenharia Civil; - Programa de Pós-Graduação em Engenharia.
Região de Inserção	Na área de atuação da UPF, com forte influência nas cidades da região em que há campus da UPF: Passo Fundo, Carazinho, Sarandi, Soledade, Lagoa Vermelha, Palmeira das Missões e Casca.
Dados externos coletados	Foi realizada viagem de estudos ao campus Santa Bárbara da Unimep, onde foi constatada a existência dos seguintes elementos: - espaço externo para construção de modelos estruturais; - área externa para aulas práticas em canteiro de obras; - espaço para construção com materiais convencionais e alternativos; - depósito de materiais de construção produzidos <i>in loco</i> ; - sala de amostras de materiais de construção; cabines de pintura; - depósitos de equipamentos para topografia e materiais de construção; - marcenaria; - depósito de ferramentas e itens de uso geral; - laboratório para ensaios de solos em laboratórios cobertos.
Dados internos coletados	Com relação aos dados internos, as principais constatações são: - falta de espaço físico para os laboratórios instalados – Materiais de Construção, Geotecnia, Pavimentos e Construção Civil e Estruturas; - dificuldade de acessos para pessoas e materiais; - dificuldades para carga e descarga dos materiais destinados a estudos e ensaios.
Histórico e estado da arte do empreendimento	A área atualmente destinada à implantação do projeto do CETEC-UPF é de 30.000 m ² . O empreendimento tem um prédio edificado destinado a abrigar as instalações de: maquetaria; laboratório de Geotecnia; laboratório de Infra-estrutura de Transportes; laboratório de Materiais de Construção; laboratório de Construção Civil; laboratório de Sistemas Estruturais; laboratório de Topografia e Geodésia; laboratório de Gerenciamento; escritório Escola de Engenharia Civil; 2 salas de aula; 4 salas de professores; instalações sanitárias e cozinha; espaço junto ao hall de entrada para os alunos.

Quadro 7 - Dados gerais do empreendimento

Identificação do Problema

O Quadro 8 apresenta a identificação do problema elaborado a partir das necessidades estudadas. Esse

quadro apresenta a análise do ciclo de vida do empreendimento e ajuda na visualização e identificação do ambiente e dos pontos que devem ser trabalhados em nível de planejamento do produto.

A identificação do problema considera as três etapas fundamentais do ciclo de vida do produto, que são: produção; uso e operação; e descarte.

Missão do empreendimento

“Incentivar o desenvolvimento tecnológico, através das práticas de ensino, pesquisa e extensão, nas áreas de Engenharia Civil, Engenharia Ambiental e Arquitetura e Urbanismo, buscando a integração do CETEC com a região de atuação da UPF.”

Descrição da solução proposta

A pontuação entre as soluções indicou para o projeto do CETEC-UPF, em ordem decrescente, o resultado mostrado a seguir:

- (a) solução nº 2 com pontuação igual a 8,1725;
- (b) solução nº 1 com pontuação igual a 7,8059; e
- (c) solução nº 3 com pontuação igual a 7,5865.

A solução nº 1 procura manter as características de infra-estrutura e operacionais atualmente implantadas na Faculdade de Engenharia e Arquitetura da UPF. A solução nº 2 considera a melhor solução do ponto de vista tecnológico. Finalmente, a solução nº 3 dá

preponderância ao fator econômico, ou seja, procura apontar a solução de menor custo.

Principais módulos ou sistemas do projeto

A metodologia aplicada ao estudo mostrou, dentro da solução de maior pontuação, os seguintes resultados para os módulos do projeto:

- (a) ensino = 2,4578;
- (b) pesquisa = 2,0625;
- (c) extensão = 2,0714;
- (d) prestação de serviços = 1,0318; e
- (e) tratamento dos resíduos produzidos pelo CETEC-UPF = 0,549.

Dentro dos módulos identificados estão listadas as suas funções, conforme mostra o Quadro 9.

Requisitos do consumidor apontados pelo QFD

Os requisitos do consumidor apontados pelo QFD, enumerados no Quadro 10, têm a finalidade de indicar à equipe de projeto, na linguagem do consumidor, o que se espera do produto final.

Cabe salientar que os requisitos do consumidor já estão incluídos na metodologia proposta através de sua transformação em requisitos de engenharia.

Também o uso da EV de QFD dá suporte à metodologia proposta como ferramentas qualitativas e quantitativas na elaboração do conceito do produto.

Entradas			Saídas	
	Desejada	Meio Ambiente	Desejada	Indesejada
Produção	<ul style="list-style-type: none">- materiais padronizados- modulação- uso de CAD e programas de computação- uso de PCP- uso de Princípios da Construção Enxuta	<ul style="list-style-type: none">- canteiro de obras- uso NR-5- mão-de-obra com treinamentos do PBQP-H	<ul style="list-style-type: none">- construção de fácil execução- baixo custo	<ul style="list-style-type: none">- construção complexa- baixa modulação- fluxo difícil- custo elevado
Uso e Operação	<ul style="list-style-type: none">- atividades de ensino, pesquisa, extensão, prestação de serviços e processamentos de resíduos	<ul style="list-style-type: none">- salas de aula- laboratórios- maquetaria- campo experimental- pista experimental	<ul style="list-style-type: none">- fácil manutenção- baixo custo operacional- boa aparência- funcionamento integrado entre os núcleos	<ul style="list-style-type: none">- geração de grande volume de poluentes- alto consumo de água e energia
Descarte	<ul style="list-style-type: none">- possibilidade de reforma e reutilização	<ul style="list-style-type: none">- descarte quando ocorrer a obsolescência das instalações e houver impossibilidade de reforma	<ul style="list-style-type: none">- reciclável- fácil desmontagem	<ul style="list-style-type: none">- material poluente e de fácil reutilização

Quadro 8 - Identificação do problema pesquisado

Módulo (pontuação geral)	Função (pontuação das funções)
Ensino = 2,4578	- prover aulas teóricas = 0,76; - prover aulas práticas = 0,64 - prover grupos de estudo = 0,47; - prover exposições = 0,19 - prover simulações = 0,15; - prover palestras = 0,14 - prover apresentações = 0,10
Pesquisa = 2,0625	- desenvolver sistemas = 0,5843; - desenvolver materiais = 0,4909 - testar técnicas = 0,3975; - pesquisar bibliografia = 0,2104 - levantar dados = 0,1432; - sistematizar conhecimentos = 0,1227 - questionar conhecimentos = 0,0466; - prover debates = 0,0466 - comparar situações = 0,0204
Extensão = 2,0714	- elaborar projetos = 0,8572; - desenvolver programas = 0,6428 - organizar eventos = 0,5714
Processamento de resíduos gerados pelo CETEC-UPF = 0,549	- terceirizar transporte = 0,1916; - aterrar = 0,1179 - usinar = 0,1621; - peneirar = 0,0515 - amarrar = 0,0258
Prestação de serviços = 1,0318	- comprimir = 0,2036; - pesar = 0,1391 - desgastar = 0,1391; - tracionar = 0,1382 - executar sondagens = 0,1382; - reduzir = 0,1063 - levantar topografia = 0,08; - fabricar maquetes eletrônicas = 0,0381 - deformar = 0,0364 - reproduzir = 0,0127

Quadro 9 - Pontuação das funções dos módulos

Requisitos	<ul style="list-style-type: none"> - ser seguro - ser confortável - possuir laboratórios - possuir salas de aula - propiciar testes ao tempo - propiciar prática de campo - ter campo experimental - ter tratamento de resíduos - ter secretaria - ter local para acervo técnico - facilitar a manutenção - facilitar a higiene - ter estacionamento - ter auditório - ter sala de computação para os alunos - ter ilha com microcomputador conectado à internet - ter local de estudo para alunos - ter local de convivência - ter sala de professores - gerar receitas - favorecer o marketing da UPF - ter acessos adequados - ter arquitetura modular
-------------------	--

Quadro 10 - Requisitos do consumidor apontados pelo QFD

Conclusões

A consistência da metodologia proposta advém do fato de que, para sua elaboração, foram utilizadas ferramentas da Engenharia de produção e Engenharia Mecânica, muitas das quais, como a EV e o QFD, com comprovada utilização na metodologia de desenvolvimento de produtos industriais.

A pesquisa permite concluir:

(a) a metodologia apresentada auxilia no desenvolvimento do processo de projeto, pois permite o conhecimento dos requisitos do consumidor, estrutura as funções do produto a ser desenvolvido e pontua a combinação das melhores soluções, em nível

de projeto conceitual, para o produto a ser desenvolvido;

(b) a metodologia proposta auxilia na elaboração de estratégias competitivas na medida em que, durante a fase de pesquisa dos atributos do consumidor, leva a um maior conhecimento das necessidades do público-alvo;

(c) a metodologia proposta difere dos processos de concepção de produtos que levam em conta somente a análise dos produtos já construídos;

(d) o enfoque deste estudo permite abordar, através de análises qualitativa e quantitativa, a elaboração de um projeto levando em consideração os requisitos levantados pela pesquisa junto ao público-alvo;

(e) com os resultados obtidos na aplicação da metodologia, pode-se optar pelos procedimentos de maior pontuação ou adotar uma solução com partes de outras concepções para o desenvolvimento do produto; e

(f) o presente processo aplicado ao estudo de caso possibilitou subsidiar o processo de desenvolvimento do projeto do CETEC-UPF.

Desse modo, com este estudo se obtém uma nova metodologia para contribuir, em nível conceitual de produto, no processo de projeto nas áreas de Engenharia Civil e Arquitetura. Assim, esta metodologia traz uma nova abordagem para auxiliar e direcionar a concepção de produtos, facilitando as etapas de detalhamento e produção deles.

Referências

BACK, N. **Metodologia de projetos de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

BAXTER, M. **Projeto de produto**: guia prático para o design de novos produtos. 2. reimp. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

CARVALHO, M. M. C. **QFD**: desdobramento da função qualidade. Disponível em: <http://www.eps.ufsc.br/teses97/marly/cap.2.htm>
Acesso em: 5 abr. 2005.

CSILLAG, J. M. **Análise do valor**: metodologia do valor: engenharia do valor, gerenciamento do valor, redução de custos, racionalização administrativa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1995.

DEMO, P. **Introdução à metodologia da ciência**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1987.

FERNANDES, F.; LUFT, C. P.; GUIMARÃES, F. M. **Dicionário brasileiro globo**. 36. ed. São Paulo: Globo, 1994.

FONSECA, A. J. H. **Sistematização do processo de elaboração das especificações de projetos industriais e sua implementação computacional**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

HARTLEY, J. R. **Engenharia simultânea**: um método para reduzir prazos, melhorar a qualidade e reduzir custos. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

HUBKA, V.; EDER E. W. **Design science**: introduction to needs, scope and organization of engineering design knowledge. London: Springer-Verlag London Limited, 1996.

HUTHWAITE, B. **Concurrent Engineering user's guide**: guidelines for concurrent product development. Michigan: Institute for Competitive Design, 1992.

OLIVEIRA, R. de. **A methodology for housing design**. Tese (Doutorado) - Department of Civil Engineering, University of Waterloo, Canadá, 1994.

OHFUJI, T.; ONO, M.; AKAO, Y. **Métodos de desdobramento da qualidade**. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 1997.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering design**: systematic approach. Berlin: Springer-Verlag London Limited, 1996.

PANDOLFO, A. **Metodologia para avaliação de projeto de habitação com base no valor**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

PEREIRA, M. W.; MANKE, A. L. MDPA. Uma metodologia de desenvolvimento de produto aplicado à engenharia simultânea. In: Congresso Brasileiro de Gestão e Desenvolvimento de Produto, 3., 2001, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: [s.n.], 2001.

PEREZ, R. L. **Sistematização da avaliação do desempenho do processo do projeto de produto**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

RUIZ, J. Á. **Metodologia científica**: guia para eficiência nos estudos. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

ULLMAN, D. **The mechanical design process**. Singapore: McGraw-Hill Book Co, 1992.

VALDIERO, A. C. **Desenvolvimento e construção do protótipo de um microtrator articulado**: tração e preparo de sulcos. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1994.